

昆虫に對する除虫菊成分作用機構の1考察

二 宮 榮 一

從來、除虫菊の殺虫効果に關する報告は尠からざるも殺虫作用に關する研究は不充分にして、或は筋肉麻痺なりとし、或は運動神經麻痺なりとされ或は中樞神經麻痺なりとされて論議は區々であるに鑑み、林泉博士⁶⁾(1939)は昆虫幼虫の神經筋標本によるピレトリン I の作用につき報告されている。農藥の昆虫に對する殺虫機構の闡明には多角的に検討するの要あるは言う迄もない所であるので、著者は他の一面から昆虫の生活体全体としての作用機構を検討する目的を以て本實驗を行つた。

實驗材料及方法 主としてダイメウバツタ (*Locusta danica* L.) の成虫 (雌雄) を實驗の都度採集供試した。藥劑は除虫菊粉 (帝國除虫菊會社製) 及び除虫菊乳劑 1.5 及 3 (東亞農藥會社製) を用い、乳劑の氣門接觸、腹部注射には 2cc 容量の注射筒、 $\frac{1}{3}$ 及 $\frac{1}{4}$ の皮下注射用針を用いた。体液循環の有無檢出用色素には食用紅を選んだ。實驗に當つて供試個体は凡て前後翅共に基部約 3mm の所から切除した。實驗區〔I〕に於ける除虫菊粉劑接觸の方治はデンケーター (口内徑 26cm, 高さ 25cm, 磁製板上の容積約 7967cm³, 下部の容積約 3156cm³) を用い磁製板の孔を塞ぎ板上を水平にする爲めに横道紙を一層に貼付しその上に除虫菊粉 100gr を均等に敷つめ、その上に一個体宛放置し覆蓋の上、其後虫体に起る行動變化を透視觀察した。呼吸系統機能停止の觀察には第 1・2 氣囊及第 1・2 胸氣門を主とし、第 1・2 氣囊は其一部を露出せしめるように夫々 Pronotum の後縁遊離部分を、或は第 1 腹環節背面の後縁を、少しく正中線をさけて切除し、第 1 胸氣門は Pronotum の lateral lobe の遊離部分を切除して觀察に便ならしめた。除虫菊劑の注射は所定の注射器を用いて腹部より行つた。注射部位は背面及腹面よりの場合共に第 3・4 腹環節の間膜をえらび、乳液 1.5 の 1~2 滴 (0.005—0.01cc) を 1 回量とした。同乳劑の接觸の場合は第 1・2 胸氣門を主としてえらび所定注射器を用い、 $\frac{1}{4}$ 針先より 3 原液及 1.5 原液 1~2 滴 (雄にあつては 1 滴雌にあつては 2 滴、1 滴約 0.005cc) を添加した。氣門及び氣囊の運動停止の觀察方法は除虫菊粉接觸實驗の場合と同様である。實驗區〔II〕、〔III〕において胸部中樞に直接藥劑を接觸せしめる場合には胸背を体軸と平行な方向に安全剃刀の刃を以て削ぎ、翅筋、消化管等不要物を除去して所在の前・中・後胸各中樞を露出せしめ實驗用針を以て小綿棒を作り之に 1.5 原液を含ましめ、所要中樞に觸れしめた。但その部分の体液其他の附着物を清潔な綿棒で吸取つてから行つた。胸部中樞除去の方法は胸背部を解剖の上針先で除去するか、胸部腹面より中樞所在該當部位に針を挿入れて破壊するか、鋏を以て腹板と共にその部を除去した。切斷脚を作るには各脚共に基節の部分から鋏で切落した。又脚に切傷を作るには鋭利な安全剃刀の刃を以て成る可く小部分のキチン皮のみを削ぎとつて内部を露出せしめ之に所定注射器針先より約 0.005cc を添加した。實驗區〔IV〕における除虫菊乳劑注射の場合は 1 回量 2mg を腹部第 4・5 環節間側膜より注射した又氣門に接觸せしめる場合には實驗〔I〕に於けると同様の方法で第 1・2 胸氣門全体に藥劑を添加した。体液循環停止の有無を檢するには食用紅の蒸溜水飽和溶液を作り 所定注射器、 $\frac{1}{3}$ 針を用い 1 回量 1mg を第 7・8 腹環節の間膜より針先を圍腸血脈竇に挿入し針先が体の前方へ向かぬよう後方へ方向

轉換してから注射した。注射針先の方向轉換は注射壓力が胸腔内に色素を注入せしめやすいからである。又注射直前に供試虫の頭頂に針先で小孔を穿ち色素注射後循環し來る体液が赤變したか否かによつて体液循環の有無を判定する標識とした。蓋し豫備的實驗に於て頭頂を赤變せしめる場合は必ず体液は体内を一巡することを確認したからである。又色素液注射の開始時より頭頂体液の赤變する迄の経過時間を便宜上赤變所要時間として計時し、別に正常個体に於ける色素循環の所要時間をも同様の方法で測定、對照區とした。頭頂に於ける体液の赤變して來ない個体は直ちに体前方より腹部にかけて順次に約 3mm の厚さに横斷面を作り赤染体液の分布状態を検した。又背脈管搏動の有無を検するには、背脈管の兩側に縦走する、透視明瞭な氣管の搖動は背脈管の搏動と一致するが、前者の停止は直ちに後者の停止を意味しないから、第1—3 腹環節背面よりルーペを以て透視可能なものを透視し、更に腹部解剖を併せ行つて確認した。實驗個体中解剖時に尙搏動をつづけているものはデータより除いた。

實 驗 結 果

〔1〕 除虫菊劑による一般的中毒症狀

(1) 除虫菊粉接觸による中毒症狀

中毒症狀の最初に顯著に認められるのは脚である。而して体軀的麻痺順位は胸・頭・腹の順を一般とする。即先づ歩行速度の低下、一時的靜止状態を経過し、ついで後・中・前脚の順に筋の強直性痙攣が起り、やがて震顫痙攣の後、筋運動は終熄する。各脚各節に起る痙攣の順序は一般に肘・脛・腿・轉・基各節の順で先づ夫々其等を支配する筋肉の強度の痙攣(後脚に於ては主として伸展痙攣、中・前脚に於ては主として收縮痙攣)の後順次に震顫痙攣を起した後痙攣は終熄して全脚の運動は全く終熄する。即この痙攣は強直性であり完全強直→不完全強直→震顫痙攣を経て脚の運動は全く停止される。その間、後脚における筋強直時には中・前脚を以て、又後・中脚の強直時には前脚を以て歩行し、又後脚強直の初期に於ては跳躍が可能で、各脚基節支配筋の強直に至つて始めて歩行不能となり轉倒する。Knock down 以前の歩行は終始、脚の運動順序は常規的であり且又正位反射も見られる。又全基節支配筋の強直時と knock down 間の歩行能力の喪失移行過程として後脚による跳躍の頻發することがある。又中毒初期に於ける軽度の麻痺症狀、及強直現象は對をなす兩脚に同時に必ずしも起らない。翅筋の痙攣の顯著にあらわれる時期は全脚の強直開始後であり、全脚の筋痙攣終熄前に止む。而して痙攣の頂點において兩翅は激しく振動をつづける。氣囊の律動的膨縮運動及胸氣門の呼吸運動の停止は氣囊氣門の順に發現し、氣囊にあつては第1氣囊第2氣囊の順に又氣門は第1胸氣門、第2胸門の順(第1表)である。而して第1氣囊の運動停止は翅筋痙攣開始時期に、第2氣囊は少しくおくれて後・中脚各節の微痙攣期に於てである。爾餘の氣囊の存在する腹部筋の強直性痙攣は第2氣囊の停止についで起り、全脚筋震顫痙攣終熄以前に停止する。又第1胸氣門の運動停止は翅筋及全基節に震顫痙攣が残る腹端の筋が強直する時であり第2胸氣門のそれは全脚殆んど不動となり腹部に筋強直の残る時期である。頭部における附屬器官の中、顯著な中毒反應のあらわれるのは觸角、大腮觸鬚等で、顯著な筋強直の最初に現われるのは大腮である。この強直は、虫体が基節の運動のみにより歩行する時期である。小腮鬚の痙攣の起るのは大腮のそれにおくれ各脚が強直し特に後基節に震顫痙攣の現われる頃である。觸角は其間に痙攣を始めるが孰れも全脚、翅の支配筋の震顫痙攣終熄後で、而も腹部末端の強直性痙攣終熄以前である。この腹端の強直性痙攣は全体軀的に最後の終熄をなすのであつて、特に雌にあつては生殖器部位の筋強直は顯著激烈である。(以上の實驗溫度 16—21°C、關係溫度 54—98% 40 個体を用う)

(2) 除虫菊乳劑注射による中毒症狀

第1表 除虫菊粉劑麻痺による呼吸器官の運動停止順序

個体 番號	性 別	第1氣囊	第2氣囊	第1胸氣門	第2胸氣門	備 考
				右 左	右 左	
1	♂	1	2	3	4	アラビア數字は 運動停止順序を 示す。
2	♂	1	2	4	5 3	
3	♀	1	2	3	4	
4	♂	1	2	$\begin{smallmatrix} 3_1 & 3_2 \end{smallmatrix}$	4	
5	♂	1	2	3	4	
6	♂	1	2	3	4	
7	♀	1	2	$\begin{smallmatrix} 3_1 & 3_2 \end{smallmatrix}$	4	
8	♂	1	2	3	4	
9	♂	1	2	3	4	
10	♂	1	2	3	4	
11	♂	1	2	3	$\begin{smallmatrix} 4_2 & 4_1 \end{smallmatrix}$	
12	♂	1	2	$\begin{smallmatrix} 3_1 & 3_2 \end{smallmatrix}$	4	
13	♂	1	2	$\begin{smallmatrix} 3_1 & 3_2 \end{smallmatrix}$	4	
14	♂	1	2	3	4	
15	♂	1	2	3	4	
16	♀	1	2	$\begin{smallmatrix} 3_2 & 3_1 \end{smallmatrix}$	4	
17	♂	1	2	3	4	
18	♂	1	2	3	4	
19	♂	1	2	3	4	
20	♂	1	2	3	4	

背部より注射した場合も腹部より注射した場合も先づ注射部位筋の強度の收縮が起つて腹部は彎曲すること及主要呼吸器官は第2氣囊第1氣囊、第2胸氣門、第1胸氣門の順に運動を停止する。他は實驗(1)の場合と略々同様な結果を得た。

(3) 除虫菊乳劑の氣門接觸による中毒症狀

(a) 第1胸氣門よりの場合

虫体は先づ跳躍の頻發の後、一時的靜止状態に入りついで、全脚筋は激しい痙攣の後終熄し全脚は不動となる。この痙攣は強直性であり、完全強直→不完全強直→震顫痙攣を順次に發現し、基節支配筋の震顫痙攣を最後として全脚の筋痙攣の止むことは(1)(2)の結果と同様である。各脚に於ける筋強直現象及び震顫痙攣は附節、脛節、腿節、轉節、基節の順に發現せられ全脚の基節支配筋に強直が起るに及んで虫体は轉倒する。又全脚的にこの現象の發現される順位は左側氣門に藥劑が適用された場合(第2表)には、前・中脚に關する限り、常に左側前脚→同中脚→右側前脚→同中脚であつて之に左側後脚及右側後脚が参加するのである。強直性痙攣初發の順位は前・後脚の關係に於ては必ずしも一定していない。他脚が初期の輕度の麻痺状態にある間に左側前脚筋は早期に顯著な收縮強直を起すために同脚は強く收縮したままとする。

左右孰れの氣門に藥劑を接觸せしめた場合でも常に前脚が最初に中毒症狀(當初の麻痺症狀及強直)を發現する。而も各脚に於ける筋肉痙攣の停止する順位は前脚・中脚・後脚の順に一定している。又この中毒の初期即、左側の前・中脚にのみ強直性痙攣の起つてゐるときには、どの

第2表 片側の第1胸氣門に藥劑を接觸せしめた場合に起る脚の中毒症狀

個体番號	藥劑接觸側の脚			非接觸側の脚			藥劑を接觸せしめた氣門側
	前脚	中脚	後脚	前脚	中脚	後脚	
1	1	4	2	5	6	3	右側
2	1	4	2	5	6	3	右側
3	1	4	2	5	6	3	右側
4	1	2	5	3	4	6	右側
5	1	2	3	5	6	4	右側
6	1	2	5	3	4	6	右側
7	1	2	3	4	5	6	右側
8	1	2	5	3	4	6	右側
9	1	4	2	5	6	3	右側
10	1	2	3	5	6	4	右側
11	1	2	3	4	5	6	右側
12	1	2	3	5	6	4	右側
13	1	4	2	5	6	3	左側
14	1	3	4	2	5	6	左側
15	1	2	3	4	5	6	左側
16	1	2	3	5	6	4	左側
17	1	4	2	5	6	3	左側
18	1	2	3	4	5	6	左側
19	1	2	3	5	6	4	左側
20	1	2	3	5	6	4	左側

備考 アラビア數字は中毒發現順序を示す。

個体も右傾強直姿勢をとり、一時的な右寄りの斜行前進、右旋時計運動、右旋性後退運動を起す。歩行能力は左側前脚筋のみの收縮強直乃至は同側の脚筋のみ強直性痙攣をなす時、他脚を以て歩行、跳躍をなし得る。翅筋の痙攣の起るのは後脚の強直性痙攣の起る前で、腹筋の強直は左側前・中脚の收縮痙攣の頃起り、頭部の筋強直性痙攣は之に先行する。氣門と氣囊の運動停止は氣門が先行し第1氣門、第1氣囊、第2氣門、第2氣囊の順に停止する。即第1氣門は左側前・中脚強直時に第2氣門は之におくれて兩後脚の強直時に、第1氣囊は全脚強直性痙攣時に、第2氣囊は全脚強直時に停止する。右側第1氣門に於ける場合も同様の結果であり脚の強直順位は前者と逆に右側前脚より進展する。

(b) 第2胸氣門よりの場合

先づ跳躍の頻發、歩行速度の低下、一時的靜止状態の後、左側氣門に接觸せしめた場合は第

3 表の如く、一般に左後脚、右後脚、左中脚、左前脚、右中脚、右前脚の順に又各脚の各節は末端節より順次上節へ向つて夫々強直性痙攣、震顫痙攣を順次に經て筋痙攣は終熄して脚は不動となる。而して虫体の轉倒は全脚の基節支配筋の強直するに及んで所謂 Knock down される。左後脚の強直性痙攣の初期に於ては、他の脚（右後脚、左右の中・前脚）を以て歩行し且後脚は正常な跳躍運動を行い同脚に強直、右中・前脚に輕度の中毒症狀の現われるころ右後脚に初めて強直が見られ左後脚と共に激しく強直するに至る。左側第 2 胸氣門の開閉運動は、左側の後基節支配筋に震顫痙攣を残す頃停止するが、右側胸氣門の運動は停止されない。右側氣門に藥劑を接觸せしめた場合も左側よりの場合と中毒症狀の現われる順序は對稱的に逆に起る丈で其他の中毒症狀は同様である。尙孰れの側より藥劑を接觸せしめても、脚筋に中毒症狀の現われる（第 3 表）順序は兩側共に後・中・前脚の順であり、且又此中毒症狀の發現は藥劑接觸側の後脚を最初とし、反對側の前脚を最後とする。又兩氣門より藥劑接觸の場合、前記の場合と特に異なる點は、跳躍、歩行速度の低下等の症狀に先立つて一時的な後退或は旋回運動の起ることである。翅筋の痙攣は後基節の震顫痙攣の頃起り氣門の運動はその後中止される。前・中脚

第 3 表 片側の第 2 胸氣門に藥劑を接觸せしめた場合に起る脚の中毒症狀の順位

個体番號	藥劑接觸側の脚			非接觸側の脚			藥劑を接觸せしめたる氣門
	後 脚	中 脚	前 脚	後 脚	中 脚	前 脚	
1	1	3	4	2	5	6	左 側
2	1	2	4	3	5	6	〃
3	1	3	4	2	5	6	〃
4	1	2	4	3	5	6	〃
5	1	3	4	2	5	6	〃
6	1	3	4	2	5	6	〃
7	1	3	4	2	5	6	〃
8	1	2	4	3	5	6	〃
9	1	3	4	2	5	6	〃
10	1	3	4	2	5	6	〃
11	1	3	5	2	4	6	〃
12	1	3	5	2	4	6	右 側
13	1	3	5	2	4	6	〃
14	1	3	4	2	5	6	〃
15	1	3	5	2	4	6	〃
16	1	3	4	2	5	6	〃
17	1	3	5	2	4	6	〃
18	1	3	4	2	5	6	〃
19	1	3	4	2	5	6	〃
20	1	3	4	2	5	6	〃

註 脚の欄に附した番號は痙攣症狀の現われる順位を示す。

が痙攣を起す頃、知覺神經麻痺の有無を検するためピンセットで後脚を挟んで壓迫を加えると後脚は刺戟に感應して收縮運動を起し、更に前・中脚には強直が起つていても後附節にピンセットで壓迫刺戟を加えると跳躍する。爾後附、脛、腿節の順に感覺を失い末梢知覺麻痺を認めるに至つた（以上第1胸氣門接觸實驗における溫度 22—31°C、關係濕度 65—82%、50個体を用い、第2胸氣門接觸實驗に於ける實驗溫度 26—31°C、關係濕度 62—91%、56個体を用う）。

〔II〕 條件下に於ける除虫菊乳劑の作用

（1） 胸部中樞に直接藥劑を接觸せしめた場合の脚筋反應

後胸中樞に小綿棒で藥劑を觸れしめると、忽ち兩後脚筋は強直し、附節は背方へ反轉したまま脚は一直線狀に伸展する。ついで基節支配筋の急激な痙攣が起る。この時、該中樞を破壊或は除去すると忽ち兩後脚の強直及び基節支配筋の痙攣は止む。中胸中樞に於ける場合も兩中脚筋は強直しついで震顫痙攣を起して遂に麻痺する。翅筋の痙攣は中脚の痙攣に繼起する。此時中胸中樞の破壊或は除去は中脚及び翅筋の痙攣を停止させる。前胸中樞に於ける場合も同様前脚の強直、震顫痙攣を起さしめ、中樞の破壊、或は除去は忽ち該脚の痙攣を停止させる。

（2） 藥劑注射後、胸部中樞を除去した場合の脚筋の反應

腹背より乳劑 1.5 を注射し、兩後脚が強直した時、後胸中樞を破壊或は除去するとき、その瞬間、後基節支配筋の震顫痙攣を見るのみで該脚の強直元よりその運動機能は喪失する。又第2胸氣門の閉閉運動は同時に停止せられる。後胸中樞除去後、中脚及翅筋の痙攣しているとき中胸中樞を破壊或は除去するときは直ちに中脚及翅筋の律動的攣縮は停止し以後該脚及翅の運動は止む。

（3）（a） 正常個体の切斷後脚の反應

左右孰れの後脚でも基節から切斷したまま放置するときは何等の筋運動も起さない。

（b） 正常個体の切斷後脚の切斷面に乳劑を接觸せしめた場合。

（a）と同様の方法で後脚を切斷して其切斷面に藥劑を接觸せしめると、脛節及附節は緩慢な伸縮運動を行つて後、靜止し、その後何等自發的な筋運動を起さない。

（c） 正常個体の切斷後脚腿節に於ける切傷に藥劑を接觸せしめた場合

一旦脛・附節の緩慢な伸縮運動が起つた後靜止する。

（d） 正常個体の後腿節に切傷を作り之に藥劑を接觸せしめた場合。

左右孰れの腿節に切傷を作つてもその儘放置するときは虫体は運動活潑にして能く跳躍、歩行をなし無傷の個体に比して一時間を経過しても何等本實驗對象として支障なきを 20個体につき確めた。左後腿節に切傷を作り之に乳劑 1.5液を注射針より 1—2滴 (0.005—0.01cc) を滴加接觸せしめ藥液の吸收されるのを待つて之を放置し其後の脚の運動變化を観察した所、左後脚に筋強直が起るのみで右後脚及び前・中脚には何の異常も起らない。左後脚は筋強直のための歩行不能に拘らず右後脚は其他の脚と共に正常な歩行運動を行い、又跳躍する。その強直は先づ轉節、腿節、脛節の支配筋に順次に取り脛筋伸筋は伸展痙攣をなす。附節は強直の爲め背方へ反轉したままとなつてゐる。此時中毒後脚の腿・脛・附節にピンセット或は指先に刺戟を與えても麻痺し、而も運動神經より知覺神經の方が早く麻痺する。その後時間の経過と共に各節筋の強直はやんで基節に激しい痙攣を見る。右後脚についても同様な結果を得た。次に中脚についても實驗を行つたが該當脚にのみ強直が見られ他脚は何等の異常も來さず、歩行運動を行い且後脚はよく跳躍を行う。尙ダイメウバツタに於ては比較的少いがセスデツチナゴ、セグロバツタ等に於ては後腿節切傷に添藥した場合轉節から該脚は自割を行う。（第4表）

第 4 表 セスデツチイナゴの後脚脱落

切傷添 薬脚	實驗脚 數	脱 落	無脱落
右後脚	13	5	8
左後脚	12	5	7
計	25	10	15

(e) 腹部注射後における切斷脚の筋運動

注射後、後脚の伸直時に之を切斷すれば、その後脚には何等の筋運動も見られない。

(f) 腹部に注射後、切斷脚に於ける切傷に薬劑を接觸せしめた場合。

後脚の伸直時に其腿節に切傷を作り薬劑を添加する時は、筋收縮が見られ、特に趾節は伸縮する。

(g) 第 2 胸氣門に薬劑接觸後、腿節の切傷に薬劑を接觸せしめた場合

左側第 2 胸氣門に薬劑を接觸せしめ、全脚が伸直性痙攣を呈した時左側後腿節に切傷を作り之に乳劑を添加すると同脚の(脛節の痙攣の他は)運動は止むが右後腿節は伸直性痙攣を續行する。又右後腿節に切傷を作り之に添薬した場合は右後腿節の運動は止み左後腿節は依然として伸直性痙攣を續行する。この現象は右側第 2 胸氣門に添薬した場合も同様である。(以上實驗溫度 22—30°C, 關係濕度 62—90%, 實驗個体 100匹)

〔Ⅲ〕 中樞除去と脚筋運動

(1) 正常個体の胸部中樞を除去した場合

前・中・後各脚の反射中樞を除去すると共に對應する前・中・後各脚の運動は全く停止されるが除去されない中樞支配下の脚は隣接中樞の除去に拘らず、自發的運動が行われる。

(2) 中樞除去後當該脚に對する薬劑の作用

後胸中樞を除去し、体内側、片側の後脚腰筋に小紅棒を以て 1.5 原液を塗布すると筋伸直のために後脚は一直線に伸展して運動は止む。薬液の少量の場合は、夫々支配する筋の伸直性痙攣のために一應腿、脛、跗節は伸縮して止む。が共に此の種痙攣は一回見られる丈である。

(3) 中樞除去後、當該周腿節に切傷を作り之に薬劑を接觸せしめた場合

脛節伸筋伸直の爲め脛節は一旦伸展した後運動は止む、又基節支配筋の痙攣も一旦起つて止む以外、何等筋痙攣は見られない。

(以上實驗溫度 22—30°C, 關係濕度 62—90%, 實驗個体 60)

〔Ⅳ〕 呼吸及循環系統機能の停止とその順位

(1) 除虫菊乳劑注射の場合

(a) 呼吸機能の停止時期

呼吸器官の運動停止は一般に第 2 氣囊、第 1 氣囊、第 2 胸氣門、第 1 胸氣門の順である。第 1 氣囊と第 2 胸氣門間には停止順序が前後することもあるが一般的現象ではない。而して脚は後・中・前脚の順に伸直を繼起し、後脚の伸直開始時より前脚の伸直時の間に之等器官の運動は停止され、且第 3 以下の氣囊所在の腹環節の運動も第 1 腹環節の運動停止(第 2 氣囊の運動停止となる)について起る。

第5表 除虫菊乳劑注射による呼吸器官の停止状況

個体番號	性別	呼吸器官の機能停止の時期及順序				備 考
		第2氣囊	第1氣囊	第2胸氣門	第1胸氣門	
1	♀	後脚強直開始時	後脚強直時	中脚強直時	前脚強直時	
2	♂	〃	中脚強直時	〃	〃	
3	♀	後脚強直時	〃	〃	〃	
4	♂	〃	〃	〃	〃	
5	♀	〃	〃	〃	〃	
6	♂	〃	〃	〃	〃	
7	♂	〃	〃	〃	〃	
8	♀	後脚強直開始時	〃	〃	〃	
9	♂	後脚強直時	〃	〃	〃	
10	♂	〃	〃	〃	〃	
11	♂	〃	〃	〃	〃	
12	♂	〃	〃	〃	〃	
13	♂	〃	〃	〃	〃	
14	♂	〃	〃	〃	〃	
15	♀	〃	〃	〃	〃	
16	♀	〃	中脚強直開始時	〃	〃	
17	♀	〃	中脚強直時	中脚強直開始時	前脚強直開始時	
18	♀	〃	〃	〃	〃	
19	♂	〃	〃	〃	〃	
20	♂	後脚強直殘遺時	中脚強直開始時	中脚強直時	〃	

(b) 体液循環機能の停止時期

呼吸・循環系統の内孰れが先行的に機能が停止されるかを検するため本実験を行つた。先づ正常個体(第6表)につき所定部位から食紅水溶液を注射後、頭頂に赤變した体液が移動して來る迄の所要時間(以下頭頂体液赤變所要時間と稱する)を測定して8—15秒、平均11.7秒を得た。次に豫備試験の結果より得た外觀上虫体が不動となる状態を中心として頭頂体液赤變所要時間を測定して第7表の結果を得た。(表中「完全麻痺」は外觀上虫体が痙攣も止んで不動となつた状態の時を、「不完全麻痺」は呼吸運動が停止され僅かに附屬肢の一部のみ微動を残す状態を指す、「赤變」は所定の注射液が頭頂を通過するとき体液の赤變せる事を指し、「赤變せず」は体液循環停止の爲め色素が頭頂迄運搬せられなかつた事を示す)。不完全麻痺状態の個体に於ては凡て体液は循環し、赤變所要時間は10—90秒を示し完全麻痺状態に入つてからも40秒経過した個体には尙体液の循環が見られ赤變所要時間10—60秒であるが、60—120秒経過後の個体では凡て体液循環は停止せられた。斯る個体は遂に循環機能は回復せられず死に至る。赤變所要時間は表に見る如く正常個体のそれに略一致せるは体液循環能力のある證左と見ることが出来る。又斯る個体では正常個体に於ける場合と同様に頭頂の体液は穿孔によつて溢流する。

90, 60秒の赤變所要時間は血流壓の低下を示すものと見られる。

(以上實驗溫度 24—33°C, 關係濕度 74~83%供試個体數 124)

第 6 表 正常個体の頭頂体液赤變所要時間

番 號	性 別	所 要 時 間 (秒)	備 考	番 號	性 別	所 要 時 間 (秒)	備 考
1	♂	10	24°C, 關係濕度 81%	12	♂	16.5	
2	♂	10		13	♀	10	
3	♂	15		14	♀	13	
4	♂	8		15	♀	8	
5	♂	15		16	♀	13	
6	♂	12.5		17	♀	12.5	
7	♂	15		18	♀	13	
8	♂	10		19	♀	8.2	
9	♂	10		20	♀	12.2	
10	♂	11.2		21	♀	10	
11	♂	14.2		平 均		11.7	

第 7 表 藥劑適用後の諸狀態に於ける頭頂体液赤變所要時間

個体番號	性 別	麻 痺 狀 態		完全麻痺に 入りてより 色素注射迄 の經過時間 (秒)	注 射 後 頭 頂 体 液 赤 變 の 狀 況		備 考
		完全麻痺	不完全麻痺		赤變の有無	赤變迄の 所要時間 (秒)	
1	♂	+		0	+	60	赤變せざる個体 は其後時間の經 過に拘らず遂に 赤變せず。体液 循環止みて死す。 實驗溫度、關係 濕度、夫々 28°C, 91%; 29°C, 83%; 30°C, 75%の資 料を總括す。
2	♂	+		0	+	10	
3	♀	+		30	+	10	
4	♂	+		40	+	15	
5	♂	+		60	—		
6	♀	+		60	—		
7	♂	+		60	—		
8	♂	+		60	—		
9	♀	+		60	—		
10	♀	+		120	—		
11	♂	+		120	—		
12	♂	+		120	—		
13	♂	+		120	—		
14	♂	+		120	—		
15	♂	+		120	—		
16	♂	+		120	—		

17	♂	+		120	-	
18	♀	+		120	-	
19	♂		+		+	20
20	♀		+		+	10
21	♂		+		+	90
22	♀		+		+	15
23	♀		+		+	35
24	♂		+		+	10
25	♂		+		+	90
26	♂		+		+	10
27	♂		+		+	10
28	♀		+		+	10
29	♂		+		+	90
30	♂		+		+	15
31	♂		+		+	10

(2) 除虫菊乳劑の氣門接觸による場合

(a) 呼吸機能の停止時期

全脚の強直性痙攣の時期を経て各基節に震盪痙攣の見られる時期に胸氣門及び第1・2氣囊の運動は停止する。而してその順序は第1氣囊、第1胸氣門、第2氣囊、第2胸氣門の順位である。時に片側の第2胸氣門が第2氣囊より先に停止される場合もあるが他側の第2胸氣門の運動停止は必ず第2氣囊運動停止以後に於て起り、結局第2氣囊運動停止の後第2胸氣門の運動は全く停止される。又第2腹環節以下の呼吸運動は第2氣囊の運動停止（第1腹環節の運動停止）に引續いて停止する。その頃は腹筋の強直性痙攣の激烈を極めるときである。即第8表のように、胸部氣門及第1・2氣囊の運動停止は乳劑接觸後4—31分後、平均14.15分にして、又第2氣囊の運動停止につぐ第2腹環節以下の呼吸運動の停止に要する時間（第9表）は15—67分、平均33.13分である。この頃には虫体は外觀的には觸角、觸鬚は微痙攣し、腹端筋肉の強直性痙攣の尙見られる時期である。

第 8 表 除虫菊乳劑接觸による呼吸・循環機能の停止

個 体 番 號	性 別	第1,2胸氣囊及第1,2胸氣門停止		完全麻痺狀 態迄に至る 経過時間	背脈管搏動の停止 有無	添藥後停止迄 の所要時間	備 考
		添藥後停止迄 の経過時間	停止時に於ける 主要外觀的症狀				
1	♂	8 分	後脛節震顫座攀	時間 分 —	—	17 22	實驗溫度 18C°, 關係濕度 68% 除虫菊乳劑 3を用 う 搏動停止所要時間 は解剖時期と停止 時期との合致に最 も近き時間のみな 採用した
2	♂	31	後脛節強直性座攀各 基節震顫座攀	13 17	—	13 46	
3	♂	12.5	後脛、基節強直性座 攀、他基節微座攀	12 42.5	—	13 40.5	
4	♂	10	後脛節微座攀各基節 微座攀	16 26	—	16 57	
5	♂	6.5	〃	—	—	16 32	
6	♂	27	〃	12 15.5	—	12 58.5	
7	♂	22.5	〃	—	—	13 07.5	
8	♂	12.5	〃	10 50.5	—	11 24.5	
9	♂	26	〃	12 9	—	13 04	
10	♂	10	〃	11 21	—	11 46	
11	♂	10	〃	—	—	16 02	
12	♂	4	〃	11 4	—	11 37	
13	♂	9.5	〃	10 22.5	—	11 04.5	
14	♂	9	〃	15 16	—	15 56	
15	♂	10	〃	10 55	—	11 20	
16	♂	7	腹筋強直、後基節微 座攀、翅、觸角、觸 鬚動く		+		12時間38分経過腹 端觸角動く。
17	♂	26	後脛節微座攀、觸角 觸鬚微座攀		+		
18	♂	25	後脛節強直性座攀各 基節微座攀		+		
19	♂	14	後脛、基節強直性座 攀其他各基節微座攀		+		
20	♂	11.5	〃		+		
21	♂	20.5	後脛節強直性座攀各 基節微座攀		+		
22	♂	5	〃		+		
23	♂	8	〃		+		
平 均		14.15				13 46.5	

(b) 循環機能の停止時期

本實驗に於ては腹部注射による前實驗における体液循環の停止は同時に背脈管の搏動停止なるか否かを確かめると共に、氣門接觸の場合における体液循環の状況を前者と比較せんとして行つた。バツタの正常個体にあつては交感神経球及び喉上喉下神経球の除去は勿論、胃神経の切斷を行つても又第1乃至第3胸部神経球を除去しても、將又腹部を胸部より切離しても、又翼筋(alary muscle)を伴う背脈管標本としても、背脈管は自動能(Automaty)により依然搏動を續け容易に停止することはない。直接この背脈管標本に除虫菊乳劑3又は1.5の1滴を滴下する時は忽ち其部分の心搏は停止するも他の室の搏動には影響はない。又此標本を潤おす体液の除去乃至乾燥は搏動を停止せしめる。以上を確認した後次の實驗結果を得た。胸部の全氣門に藥劑添加の後一定の経過時間に体液循環の有無を検した所乳劑3を適用の場合、約4時

第9表 除虫菊乳劑接觸による呼吸及循環停止狀況

個 体 番 號	性 別	呼 吸 運 動		体 液 循 環			背 脈 管 搏 動		備 考
		存否	停止に至る 所要時間	有無	色素注射より 頭頂体液赤變 迄の時間	検査迄の 經過時間	有無	検査迄の 經過時間	
1	♂	—	分 53.5	+	秒 13	時間 分 5 6.5	+	時間 分 15 59.5	16— 18°C, 關係濕度 67—87%
2	♂	—	52	—		5 1	+	17 33	
3	♂	—	17	+	7	5 5	+	29 56	
4	♂	—	17	—		6 36	—	29 23	
5	♂	—	43	—		6 36	+	16 00	
6	♂	—	35	—		6 38	+	16 16	
7	♂	—	41	—		6 31	—	17 33	
8	♂	—	21	—		6 25	+	27 8	
9	♂	—	40	—		5 44	+	23 34	
10	♂	—	63	—		4 36	+	18 25	
11	♂	—	15	+	17	4 59	+	29 14	
12	♂	—	35	—		6 40	+	21 26	
13	♂	—	19	+	25	6 26	+	28 00	
14	♂	—	18	—		5 40	+	19 33	
15	♂	—	22	—		5 35	+	17 16	
16	♂	—	29	—		6 08	+	27 8	
17	♂	—	18.5	—		6 6	+	27 8	
18	♂	—	36	+	15	5 24	—	7 8	
19	♂	—	34	—		5 14	—	7 8	
20	♂	—	35.5	—		5 16.5	—	7 6	
21	♂	—	33.5	—		5 18.5	—	7 0.5	
22	♂	—	31.5	+	15	5 18.5	+	12 26.5	
23	♂	—	28.5	—		5 11.5	—	12 23.5	
24	♂	—	24.5	—		5 20.5	—	6 50.5	
25	♂	—	67	—		5 17	+	12 17	
			33.13	+24% -76%					

間乃至5時間を経過した個体(第10表)で尚体液循環の見られるもの34%その頭頂体液赤變所要時間より5乃至30秒、平均14.8秒であり、約5時間乃至6時間39分經過(第9表)した個体で体液循環の行われるもの24%、頭頂体液赤變所要時間は7—25秒、平均15秒である。又乳劑1.5適用の後4時間經過(第11表)した個体で体液循環の見られるもの87%、約5時間經過のもの(第12表)では86%、19時間30分經過(第13表)のものでは体液循環は停止せられた。

背脈管の搏動は乳劑3適用の場合、約6時間30分乃至7時間經過後(第12表)に於ても94%

34	♂	—		4 51	—		28 58	
35	♂	—		4 52	—		28 58	
36	♂	—		4 54	—		28 58	
37	♂	—		4 55	—		28 58	
38	♂	+	9	4 56	—		28 57	
39	♂	—		4 46	—		28 57	
40	♂	—		4 51	—		28 55	
41	♂	—		4 56	—		28 56	
百分比		+	34%					
		—	66%					

第 11 表 除虫菊乳劑接觸後(4 時間經過)の循環狀況

個体番 號	性 別	頭頂体 液赤變 の有無	背脈管 の搏動 の有無	備 考	個体番 號	性 別	頭頂体 液赤變 の有無	背脈管 の搏動 の有無	備 考
1	♂	+	+	全個体腹端にのみ 蠢動のこるもの 1.5液を用う 21°C, 關係湿度 62% 背脈管のみ赤變	17	♂	+	+	背脈管のみ赤變
2	♂	+	+		18	♂	+	+	
3	♂	+	+		19	♂	+	+	
4	♂	+	+		20	♂	+	+	
5	♂	+	+		21	♂	+	+	
6	♂	+	+		22	♂	+	+	
7	♂	+	+		23	♂	+	+	
8	♂	—	+		24	♂	+	+	
9	♂	+	+		25	♂	—	+	
10	♂	+	+		26	♂	+	+	
11	♂	+	+		27	♂	—	+	
12	♂	+	+		28	♂	+	+	
13	♂	+	+		29	♂	+	+	
14	♂	—	+		30	♂	+	+	
15	♂	+	+	背脈管のみ赤變			+87%	+100%	
16	♂	+	+				-13%		

の個体には搏動が繼續せられ、15時間30分經過のもの(第10表)では84%の個体に搏動が見られたが、約29時間經過(第10表)後には背脈管の搏動は停止せられた。次に乳劑1.5適用の場合、4時間經過後に於て尚搏動を續けるもの(第11表)100%、約6時間30分乃至7時間經過のもの(第12表)では94%、約19時間30分經過後(第13表)に於ては約93%、約30時間後に於ても60%の個体(第14表)は搏動を續ける。次に個体毎に藥劑適用後背脈管の搏動所要經過時間(第15表)を見るに早きは11時間30分を、おそきも17時間22分にして搏動は停止されているが、

第 12 表 除虫菊乳劑接觸による循環機能の停止狀況

個 体 番 號	性 別	体 液 循 環		背 脈 管 の 搏 動			備 考
		頭頂体液赤 變の有無	検査迄の 経過時間	有 無	搏動部位	検査迄の 経過時間	
1	♂	+	時間 5 分 16	-		時間 7 分 06	Oct, 10, 21°C, 70 % 体液循環の有 無を検せし個体は 凡て腹端に僅か蠢 動の残れるもの。 乳劑 1.5を用う。
2	♂	+	5 17	+	後 半	7 05	
3	♂	-	5 19	+	全 体	7 05	
4	♂	-	5 18	+	〃	7 05	
5	♂	+	5 18	+	〃	7 03	
6	♂	+	5 18	+	〃	7 03	
7	♂	-	5 19	+	〃	7 03	
8	♂	-	5 20	+	後 半	7 03	
9	♂	+	5 19	+	全 体	6 59	
10	♂	+	5 21	+	〃	6 59	
11	♂	+	5 15	+	〃	6 49	
12	♂	+	5 09	+	後 半	6 41	
13	♂	-	5 06	+	全 体	6 39	
14	♂	-	5 07	+	後 半	6 39	
15	♂	-	5 09	+	全 体	6 38	
16	♂	+	4 59	+	〃	6 37	
17	♂	-	5 08	+	後方 $\frac{2}{3}$	6 36	
18	♂	+	5 09	+	後 半	6 36	
19	♂	+	5 10	+	全体(微弱)	6 35	
20	♂	+	5 10	+	〃	6 35	
21	♂	+	5 13	+	全 体	6 35	
22	♂	+	5 07	+	〃	6 29	
23	♂	+	5 00	+	〃	6 23	
24	♂	-	5 03	+	後 半	6 23	
25	♂	-	5 03	+	全 体	6 27	
26	♂	+	5 03	+	全 体	6 21	
27	♂	+	5 04	+	〃	6 23	
28	♂	+	5 05	+	〃	6 21	
29	♂	-	5 05	-		6 21	
30	♂	+	5 07	+	全 体	6 21	
31	♂	-	5 07	+	〃	6 21	
32	♂	-	5 07	+	全体(微弱)	6 21	
33	♂	-	5 09	+	全 体	6 21	
34	♂	-	5 09	+	〃	6 21	
百 分 率		十 86% 一 14%		十 94% 一 6%			

第9表に於ては 29時間56分を經過しても尙搏動の見られる個体もある。

第 13 表 除虫菊乳劑接觸（約19時間30分經過）後の循環狀況

個体番號	性 別	頭頂に於ける 体液赤變の有 無	背脈管搏動の 有無	搏 動 部 位	備 考
1	♀	—	+	後 半	實驗溫度 21°C 關係濕度 62% 原液 1.5%を用う 全個体不動狀態 のもの
2	♀	—	+	後 方 $\frac{2}{3}$	
3	♀	—	+	〃	
4	♀	—	+	全 体	
5	♀	—	+	〃	
6	♀	—	+	〃	
7	♀	—	+	〃	
8	♀	—	+	〃	
9	♀	—	+	後 半	
10	♀	—	+	〃	
11	♀	—	+	全 体	
12	♀	—	+	〃	
13	♀	—	+		
14	♀	—	+	後 半	
15	♀	—	+	全体（微弱）	
百 分 率		0 %	93%		

第 14 表 除虫菊乳劑接觸（約 30 時間經過）後の循環狀況

番 號	性 別	背脈管搏動狀態		檢 査 迄 の 經 過 時 間	備 考
		搏動の有無	搏 動 部 位		
1	♀	+	後 方 $\frac{1}{3}$	時間 30 分 12	1.5原液を用う。
2	♀	—		30 2	
3	♀	—		30 9	
4	♀	—		30 1	
5	♀	+	中 央 部	29 58	
6	♀	+	全 体	30 1	
7	♀	+	〃	29 44	
8	♀	—		30 04	
9	♀	+	全 体	30 44	
10	♀	+	後 半	30 38	
百 分 率		+			

孰れの場合に於ても背脈管搏動の停止は虫体が外觀上完全麻痺状態に入ってから以後に起り、又第 1 乃至 3 腹環節背面より透視せられる背側氣管の搏動停止後に起るのである。而してそれは藥劑の濃度、反應速度、個体の生理條件その他の原因によつては搏動停止所要時間に長短あるものの如く本實驗に於ては虫体が完全麻痺状態に入らないうちは経過時間の長きに拘らず搏動は停止されていない。又背脈管搏動の停止は前方の心室より後方の心室へ及び、全体同時に停止されることはない。(以上實驗溫度 20—25°C, 關係濕度 60—80%, 供試個体 300)

考

察

除虫菊劑が乳劑又は粉劑として虫体に接觸するときはその中毒症狀は胸・頭・腹の順に現われ、その初發現象は歩行速度の低下、一時的靜止状態であり、ついで強度の強直性痙攣が現われ且その終熄は一般に胸・頭・腹の順である。器官系統的には脚、翅、口器、觸角、及び腹部の順に筋痙攣が起り、呼吸器官、体液循環、運動器官、腹筋の順に而して最後的に背脈管の搏動が停止されて虫体は死に至る。所謂假死状態に於ては一切の外觀的運動は終熄するが、尙背脈管の自動能は失われない。

ピレトリンの昆虫体内侵入機構については、Hockenyos の如く經皮的絶對侵入を強調し、經氣門的侵入を無視するかに解せられる主張は本實驗が侵入機構の究明にあらざるを以て言及の限りではないが、ピレトリンの氣門侵入を否定することは不可能である。著者は氣門侵入に關する限り、氣門より侵入したピレトリンはその氣門配下の末梢氣管に到達し、他方侵入氣門より分岐する縱走氣管主幹により一方は頭部へ、他方は腹部へ分れ、夫々その末梢においては組織、器官と接觸し感覺細胞刺激による興奮は求心性神經により神經球へ傳達せられ、それがニューロン經由のインプルスとなり、又氣管末梢より神經球を直接刺激することによりニューロンを興奮せしめ、この兩者のインプルスが遠心性神經の傳達によつて筋痙攣を起さしめることは本實驗によつて明かである。斯る侵入機構に基き藥劑の濃度高きときは直ちに神經系は麻痺せられ、然らざるときは爾後壓倒的に痙攣を持續せしめるものと考えらる。

斯るメカニズムによつて惹起される痙攣は強直性であつて其初期に於てピレトリンは神經系統を興奮せしめるごとく作用し、逸早く發現する部位は脚である。就中後脚に最も早く、ついで中・前脚の順に現われる。又各脚に於ては概して末端節より基方節へ向つて夫々強直する。而して後胸神經節より中・前胸神經節の順にピレトリンは作用するものと解せられる。中毒初期における歩行速度の低下及一時的靜止状態は主として脚部における輕度の神經麻痺に基因し又一時的跳躍の連發は感覺器官の興奮に基く反射運動に因ると解せられる。中毒の初期に於て虫体が強制姿勢をとり斜行前進或は旋回運動を起すことのあるのは(實驗〔II〕(a))ピレトリンの作用勾配が中部前大腦に見られ片側の中部前大腦の機能欠落による強制運動¹⁹⁾²⁰⁾で氣門より侵入せるピレトリンが該側の中部前大腦に到達作用した結果と解せられる。所謂 **Knock down** は全脚の基節支配筋の強直によつて起りそれ以前に於ては轉節以下の支配筋の強直に拘らず歩行及起立の可能は中樞の未だ麻痺せず歩行反射、起立反射の存する證左であつて中樞はピレトリンの刺激によつて興奮をつづけるのである。又強直初期に於ける對脚の片側脚のみの強直は(1)腿節切傷添藥實驗(〔I〕(3)(d))に於ける處理脚のみの強直に對し他側脚には無影響であること、(2)片側氣門添藥後(實驗〔I〕(3)(b))に於ける同側脚の強直發現と同時に他側脚には無影響であること、二次的に起る他側脚の強直は末梢氣管よりの反射弓經由のインプルスに基くこと等より明かに強直側脚の反射弓經由のインプルスに基く筋收縮と見做される。強直中期後に於ける同時或は個別的な對脚の強直は(1)末梢氣管より當該中樞の興奮に基く遠心性神經の傳達によるインプルスに基因すること、(2)中樞に直接藥劑を接觸せ

しめることにより起る對脚同時の強直、(3) 對脚強直時に片側脚の腿節切傷に添藥の場合、他側脚に於ける強直持續の事實に基因する筋運動と見做される。

中毒の進むに隨つて現われる各脚各節における麻痺症狀の變化を見るに各節に於ける強直——特に後脚に於て顯著である——は末端節より上節へ向つて進行且消滅し之に代つて震顫痙攣が前者同様、上節へ向つて發現移行せられ——特に脛節及基節に於て顯著である——遂に轉節以下の各節に於ける痙攣は全く終熄するも基節の震顫痙攣のみが残るのは明かに中樞よりのインプルスに拘らずそれ以下の神経部位の麻痺による爲めであり、やがて基節支配神経の完全麻痺によつて全脚は完全麻痺に陥るものと解せられる。又この種痙攣の全く終熄した場合、個体によつては直ちにその對應する中樞に機械的或は化學的(藥劑による)刺戟を加えると尙部分的に一時的筋收縮の見られるのは未だ神経が完全麻痺に入らずして、中樞神経の刺戟閾上昇の爲であると考えられる。斯の如く脚部に於ては末端神経より上方神経へ麻痺は進展し結局末梢神経部位を痺が中樞神経麻痺に先行することが認められる。斯の如き麻痺機構によつて昆虫体がピレトリンの作用を受けるときは、体各部位に於けるピレトリン到達の時間的、濃度的差異によつて各部位の神経麻痺には時間的ずれを生じ如上の後・中・前脚或は軀體的には胸→頭→腹の麻痺順位をとるものと考えられる。(林博士⁹⁾の神経筋標本において一定濃度のピレトリンによれば神経索麻痺は神経中樞麻痺に先行し、配下の筋肉麻痺は神経系の如く顯著に見られずピレトリンの殺虫作用は神経麻痺ならんとの認定と本實驗結果は一致する。)

この体内各部位に於けるピレトリン作用の時間的、濃度的差異を考察するに Hamilton の氣門機能説によれば、第 1~4 氣門は吸氣のみを、第 10 氣門を除く他の氣門は呼氣のみを司る。吸氣氣門中第 1、第 2 氣門は他の吸氣門及呼氣氣門よりも孔徑及之に連結する氣管大にして就中第 2 氣門が最大なるが故に氣門機能が Hamilton の説の如くであればピレトリンの体内侵入は胸部、ついで第 1、第 2 腹環節内に早く到達し、就中第 2 氣門領域に於ては特に後脚に最も早く、他方胸部より頭部へ侵入し又第 5 腹環節以下は呼氣氣管系なるを以て吸氣氣門より侵入し來つたピレトリンの一部は体外へ呼出される結果その侵入分布時間はおそく、作用濃度勾配は低い理であるとの想定の下に本實驗を行つたのであるが、その結果は實驗 [I] (1) 及 (3) 兩者の場合共に、この想定のごとく中毒症狀が現われ、Hamilton の氣門機能實驗の結果を裏付け、除虫菊成分は吸氣氣門より体内に侵入することが認められる。

氣囊及氣門の運動停止が粉劑接觸による場合、第 1 氣囊第 2 氣囊、第 1 胸氣門第 2 胸氣門の順に、又乳劑接觸の場合は第 1 氣囊第 1 胸氣門、第 2 氣囊第 2 胸氣門の順に見られるのは (1) 前胸中樞の人為的破壊或は除去は前脚、第 1 機能及第 1 胸氣門の運動を停止せしめ、(2) 後胸中樞のそれは後脚、第 2 氣囊、第 2 胸氣門の運動を停止せしめると同時に第 1 氣囊及第 1 胸氣門の運動をも停止せしめること又 (3) 兩者氣囊の運動停止は夫々對應する氣門の運動を停止せしめること、(4) 第 2 氣囊の運動停止は第 1 腹環節の呼吸運動停止に誘導せられること等より夫々前胸或は後胸中樞の麻痺に基因するものと考えられる。而して各中樞の交感神経が早期に麻痺されるものと解される。第 1 腹環節の運動停止後、尙腹端にかけての腹環節に見られる筋運動は呼吸運動に非ずして腹筋の強直性痙攣であり特に腹端のそれは最後迄淺存する。

翅筋の痙攣は全脚の強直時に顯著に開始せられ脚筋の震顫痙攣停止の前に終熄する。この事は中胸中樞にピレトリンが作用し同中樞の麻痺によつて終熄するものと考えられる。呼吸器官の機能停止が虫体の外觀的不動状態となるに先立ち、背脈管の運動よりも早期に見られるのに反し、背脈管は他の器官に比し最終的麻痺をなす。背脈管の機能停止は (1) 体液循環の停止と、(2) 背脈管自動能の喪失の二段に分つて考察されねばならぬ。体液循環機能は背脈管の或程度

の麻痺の爲めに心搏力が衰え体液壓出力の減少の結果、頭部へ循環せず中途にして流動力が失われる。色素注射の結果によれば中毒の進捗程度に應じて食紅に赤變せられ、背脈管の心室は漸次後方へ向つて着色せられている。この事實は背脈管は前方より後方の心室へ向つて麻痺することを示すものとする。一般に体液循環は呼吸停止後、虫体の不動状態に至る間に見られ、それ以後は背脈管の搏動のみとなる。

最後に、乳劑を腹部に注射した場合のピレトリンの作用は、接觸による場合と略々同様であるのは注射液は直ちに背脈管に入り頭部より体腔に開放せられて体循環を行い、氣管末梢から器官組織にピレトリンが作用するのと略々同様に器官組織に作用する爲であらう。藥劑接觸の場合と異なる點は注射部位の一時的筋強直と氣囊氣門の運動停止順序が第2氣囊第1氣囊第2氣門第1氣門の順であることである。前者は明かに注射局部の一時的濃度のピレトリンに基因する強直であつて神經興奮による反射弓經由のインプルスに基因し、後者は後脚に優先的に作用する爲めに後・中・前脚順の中毒進行に準じて運動停止をなすのであり、藥劑接觸の場合の第1氣囊及第1氣門の運動停止は第2氣囊の運動に影響せられると同時に前胸中樞の麻痺にも影響される爲めであるとする。

摘 要

- (1) 除虫菊有効成分は、呼吸系統に關する限り氣門より氣管に侵入し、末梢氣管より作用する。
- (2) その侵入氣門は Hamilton の吸氣氣門に符號し、主として第1乃至4氣門のようである。
- (3) ピレトリンは神經毒であつて、先づ神經系統を興奮せしめたる後一般に末梢神經の麻痺について中樞麻痺を招來して死に至らしめるものとする。
- (4) 神經興奮は筋肉に對する強直毒として現われ、激しい強直性痙攣を伴うのを特徴とする。
- (5) 筋強直は胸・頭・腹の順に現われ又その順に所在神經球を麻痺せしめる。
- (6) 胸部に於ては脚筋の強直最も早く現われ、翅筋の痙攣之に亞ぐ。脚の強直順は後・中・前脚であり、各脚に於ては概して末端節より基方節へ順次に強直を起す。
- (7) 主要器官系統の機能停止は (i) 呼吸器官 (ii) 体液の循環、(iii) 脚、翅、其他口器、觸角、腹筋の順を経て假死状態に入り最後に (iv) 背脈管の自動能が失われて完全死に至るものの如くである。

Résumé

On the ^Mmode of ^Aaction of Pyrethrum on the
^Ggrass-hopper, *Locusta danica* L.

By Eiichi Ninomiya.

(1) The penetration of the effective ingredient of pyrethrum into the insect body, as far as the respiratory system is concerned, principally through those spiracles 1 to 4 which Hamilton, with whom the present author agrees, regards as inspiratory in function.

(2) Pyrethrum (Pyrethrin) is considered as a nerve poison. It causes the preceeding excitement of the nervous system of the insect, which effects characteristic tetanic convulsions as a tetanus-toxin, being generally accompanied by the later paralysis of peripheral nerves and the final paralysis of ganglia.

(3) The occurrence of initiative tetanic convulsions on each somatic division is as follows: The thorax is the first division which is tetanized, the head is the second, and the abdomen is the last, with an ultimate result of successive paralysis of corresponding ganglia.

(4) As to the thorax, prior to wings, legs are poisoned, among which the hind ones are first to be tetanized, the mid ones are secondly, and the fore ones are last. Furthermore, on respective legs, toxicity displays progressive tetanus generally from distal to basal segments,

(5) In summary, an application of pyrethrum powder or its emulsion to the insect first causes the deficiency of respiratory function, and then the discontinuance of circulation of body-fluid. Then it falls senseless, with legs, wings, appendages of head, and the abdomen having successively become motionless. In spite of such a state of paralysis, the dorsal vessel still remains active, and after the final failure of cardiac automatism death takes place.

参 考 文 献

- 1) 三 宅 恒 方 (大正14年) : 昆虫學汎論上
- 2) 織 田 富士夫 (昭和 8年) : 實驗病害虫の藥劑驅除
- 3) 柘 植 秀 臣 (昭和10年) : 實驗神經學
- 4) 木 下 周 太 (昭和11年) : 防災科學函作(4) 虫害
- 5) 林 稔 (昭和11年) : 思想と生理
- 6) 林 泉 (昭和14年) : 昆虫の神經組織に及ぼす Pyrethrin I の作用 植物及動物第7卷、第12號 pp. 19-26
- 7) 鐘 木 外岐雄 (昭和14年) : 益虫及害虫實驗法(生物實驗法講座)
- 8) 鈴木 正 夫 (昭和16年) : 今日の生理學
- 9) 田 崎 一 二 (昭和19年) : 神經纖維の生理學
- 10) 中 西 政 周 (昭和19年) : 骨骼筋トーマス及疲勞の研究
- 11) 加 藤 元 一 (昭和19年) : 生理學上
- 12) 佐 藤 庄太郎 (昭和20年) : 農藥と防害

- 13) 内田郁太郎・野口徳三 (昭和21年) : 新訂農用藥劑學
- 14) 宮崎三郎 (昭和22年) : 藥理學
- 15) 大澤 濟 (昭和22年) : 毒性的研究 I、クロシヨウジヨウバイにたいする有機化合物の毒作用の比較
- 17) 武居三吉 (昭和24年) : 新農藥について、新化學と其應用 工業通信社
- 16) 山口一孝 (昭和26年) : 除虫菊の化學、化學の領域 Vol. 5. No. 3. PP.25-34
- 18) 二宮 榮一 (昭和26年) : ハナアブの反射と其中樞について、長崎大學學藝學部理科研究報告 第1號 PP.22-25
- 19) 二宮 榮一 (昭和26年) : ハナアブの行動と前大脳との關係について 長崎大學學藝學部理科研究報告 第1號 PP.26-32
- 20) 二宮 榮一 (昭和26年) : バツタの中部前大脳の損傷と歩行運動との關係について 長崎大學學藝學部理科研究報告 第1號 PP.33-41
- 21) 二宮 榮一 (昭和26年) : 昆蟲幼虫の腦損傷と旋回運動について 長崎大學學藝學部理科研究報告 第1號 PP.42-45
- 22) 二宮 榮一 (未發表) : 除頭ナモグリバへの行動について
- 23) 二宮 榮一 (未發表) : バツタの胸部神經球と呼吸との關係について
- 24) 二宮 榮一 (未發表) : 除虫菊のハナアブの神經系統特に中部前大脳に及ぼす影響
- 25) Laenger, P.H. martin and P.muller (1944) : 抄譯、天然に産する、およびあらたに合成した殺虫劑の構造と毒作用について、醫學のあゆみ Vol. 3, No. 1. PP. 37-52.
- 26) Solf, V.(1931) : Reiz physiologische Untersuchungen an Orthopteren-muskulatur, Zool. Jahrb. Vol. 50, PP. 176-264
- 27) Pilat, M. (1935) : The Effects of Intestinal poisoning on the Blood of Locusts (*Locusta migratoria*) Bull. Ent.Res. Vol.26, PP. 283-288
- 28) Pilat, M.(1935) : Histological researches into the Action of Insecticides on the Intestinal tube of Insects, Bull. Ent. Res. Vol.26, PP. 165-72
- 29) Hockenyos, G.L. (1936) : Mechanism of Absorption of Pyrethrum Powder by Roaches. Journ. Econ. Ent. Vol. 29, No. 2, PP. 433-437
- 30) Elmore, J.C. and C. H. Richardson (1936) : Toxic Action of Formaldehyde on the Adult Housefly, *Musca domestica* L. Journ. Econ. Ent. Vol. 29, No. 2, P. 427
- 31) Hamilton, A. G. (1937) : The Mechanism of Respiration of Locusts and Its Bearing on the Problem of Inhalation of Poison Dusts. Bull. Ent. Res. Vol. 28. Part 1. PP. 53-68.
- 32) Welsh, J.H. and H. T. Gordon (1947) : The mode of action of certain Insecticides on the arthropod nerve axon.
- 33) De Ong, E. R. (1937) : Tolerance of Animals of Pyrethrum Extract. Journ, Econ. Ent. Vol. 30, No 6.
- 34) Deonier, C. C. (1938) : Effects of Some Common Poisons in Sucrose solution on the Chemoreceptors of the Housefly, *Musca domestica* L. Journ. Econ. Ent. Vol.31, No. 6, PP. 742-745
- 35) Eagleson, C. (1938) : Resistance of *Stomoxys calcitrans* (L.) to Laboratory Application of Pyrethrum spray. Journ, Econ. Ent. Vol. 31, No. 6 P. 778.
- 36) Schallek, W. and A. G. Wiersma (1948) : The Influence of Various Drugs on a Crustacean Synapse. Jour. Cell. and. Comp. Physiol. 31 (1). PP. 35-47.
- 37) Gersdorff, W. A.(1948) : Toxicity to Houseflies of the Pyrethrins, and cinerins, and Derivatives, in Relation to Chemical Structure, Journ, Econ. Ent. vol. 40, No. 6. PP.878-882
- 38) Barron, E. E. Guzman and T. N. Takmisian (1948) : The Metabolism of Cockroach Muscle (*Periplaneta americana*). Journ. cell. and Comp. Physiol Vol.32, No.1. PP.57-76.